



Doctoral Thesis

The innovation impact of the EU emission trading system an empirical analysis of the power sector

Author(s):

Rogge, Karoline S.

Publication Date:

2010

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-006155022> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH No. 18900

**THE INNOVATION IMPACT OF THE EU EMISSION TRADING SYSTEM:
AN EMPIRICAL ANALYSIS OF THE POWER SECTOR**

Doctoral thesis submitted to

ETH ZURICH

for the degree of

Doctor of Sciences

presented by

KAROLINE S. ROGGE

Diplom-Volkswirtin (Economist), University of Heidelberg
and

B. Sc. Geoecology, Freiberg University of Mining and Technology

born on May 19th, 1977 in Berlin

citizen of Germany

accepted on the recommendation of

Prof. Volker H. Hoffmann, examiner

Prof. em. Eberhard Jochem, co-examiner

2010

Abstract

Climate change is one of the most prominent challenges of our time, requiring substantial mitigation and adaptation efforts to counteract its tremendous environmental, economic and social effects. At the international climate conference in Copenhagen in December 2009, major political leaders acknowledged that the global temperature increase should remain below 2°C, which requires deep cuts in global greenhouse gas emissions over the coming decades. This calls for a radical redirection and acceleration of technological change towards low- and zero-carbon solutions, which in turn necessitates policies inducing such changes, including emission trading as a globally favoured approach for establishing carbon pricing. Therefore, this thesis focuses on the innovation impact of the European Union's Emission Trading System (EU ETS), the world's largest and first multi-country greenhouse gas emission trading scheme, and on the role such a cap-and-trade instrument can play in achieving a radical transformation towards a decarbonized economy.

To this end, the thesis suggests a three-step procedure for evaluating the innovation impact of environmental policies in general, in which it also develops new conceptual frameworks which combine insights from environmental economics and innovation studies. The evaluation procedure and frameworks are then applied to the EU ETS. The first step of the evaluation procedure concerns the in-depth, ex-ante analysis of the policy design of the EU ETS regarding innovation incentives, both on a macro- and micro-level. Step 2 represents the ex-post empirical analysis of the actual innovation impact of the scheme. Here, the thesis limits its scope to the German power sector. In addition to evaluating the impact of the EU ETS on the sectoral innovation system for power generation technologies, the thesis also analyzes changes in corporate innovation activities triggered by the scheme. Finally, step 3 comprises theory building by developing propositions about the impact of market-based environmental policies on technological change subject to the influence of firm-internal and other firm-external innovation determinants. These three steps are covered by six individual research papers in which a variety of qualitative and quantitative research methods are applied.

The analysis of the policy design of the EU ETS reveals significant shortcomings in phase 2 (2008-12). Nevertheless, the empirical findings suggest that the EU ETS does affect the rate and direction of technological change regarding power generation technologies, but mainly within the established coal power generation technological regime, to which carbon capture technologies are added as a new technological trajectory. However, the scheme's overall impact has remained limited so far, mainly because of its initial lack of stringency and predictability, as well as the relatively greater importance of context factors, such as fuel prices and the public acceptance of technologies. On an organizational level, the EU ETS has led to the mainstreaming of CO₂ into relevant business procedures, such as investment appraisals, and an increase in top management's attention to the strategic importance of climate policy. In contrast, the change of companies' visions regarding renewables is mainly driven by long-term climate targets, but their credibility is significantly increased by operationalizing them through the EU ETS. Despite this, the observed investments in renewables would not have materialized without

the existence of feed-in tariffs. This illustrates the importance of an aligned policy mix which also considers the requirements of specific technologies and target groups.

In conclusion, the analysis indicates that trading schemes such as the EU ETS may not provide sufficient incentives on their own for fundamental changes in corporate climate innovation activities on the scale demanded by climate science. Reasons for this include the great strategic importance of other factors in the business environment, market failures other than that of negative external costs of emissions and various barriers, such as regulatory uncertainty of investors regarding the development of national and international climate policies, or technological uncertainties about the availability and costs of zero- and low-carbon technologies. Therefore, the optimal corporate decisions to reach near to medium targets, i.e. up to 2020, might instead not be optimal for reaching long-term targets because the long life cycles of power plants lead to path-dependencies that render the required longer-term reductions extremely difficult and costly to achieve. In order to address this problem, a credible, ambitious and preferably global long-term emission reduction path and complementary innovation and other policies will be necessary. In such a policy mix, cap-and-trade instruments such as the EU ETS, particularly in its revised post-2012 design, can play an important complementary role in achieving the required decarbonization of the power sector.

Zusammenfassung

Der Klimawandel ist eine der bedeutendsten Herausforderungen unserer Zeit, und erfordert substantielle Anstrengungen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen und zur Anpassung an den Klimawandel, um den gewaltigen Auswirkungen auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft zu begegnen. Auf der internationalen Klimakonferenz in Kopenhagen im Dezember 2009 haben sich wichtige politische Führer für eine Beschränkung der globalen Erwärmung auf 2°C ausgesprochen. Dies erfordert eine tiefgreifende Senkung der weltweiten Treibhausgasemissionen in den kommenden Jahren und Jahrzehnten und macht eine radikale Neuausrichtung und Beschleunigung des technologischen Wandels hin zu kohlenstoffarmen und kohlenstofffreien Lösungen unumgänglich. Politiken wie beispielsweise der Emissionshandel als weltweit bevorzugtes Instrument zur Etablierung eines CO₂-Preises spielen dabei eine entscheidende Rolle. In dieser Doktorarbeit wird die Innovationswirkung des EU Emissionshandelssystems (EU ETS), dem weltweit größten und ersten Treibhausgashandelssystem, das in mehreren Ländern in Kraft ist, untersucht. Dabei geht die Arbeit auch der Frage nach, welche Rolle solche sogenannten „Cap-and-Trade“-Instrumente für das Erreichen einer radikalen Transformation hin zu einem kohlenstofffreien Wirtschaftssystem spielen können.

Diese Doktorarbeit erarbeitet dazu ein dreistufiges Verfahren zur Evaluation der Innovationswirkung von umweltpolitischen Instrumenten, in dessen Zuge neue konzeptionelle Untersuchungsrahmen entwickelt werden, die die zwei Literaturstränge Umweltökonomie und Innovationsstudien kombinieren. Dieses Evaluationsverfahren und die Untersuchungsrahmen wendet die vorliegende Doktorarbeit auf den EU Emissionshandel an. Im ersten Schritt des Evaluationsverfahrens wird eine detaillierte Analyse des Politikdesigns des EU ETS durchgeführt, und zwar sowohl auf einer Makro- als auch auf einer Mikroebene, um darauf basierend die Innovationswirkung ex-ante abzuschätzen. Der zweite Schritt beinhaltet eine empirische Analyse der tatsächlichen Innovationswirkung des EU Emissionshandels und stellt somit eine ex-post Analyse dar. Hierfür beschränkt sich die Doktorarbeit auf die Untersuchung des deutschen Stromsektors. Nach einer Evaluation des Einflusses des EU ETS auf das sektorale Innovationssystem für Stromerzeugungstechnologien analysiert die Doktorarbeit Veränderungen in unternehmerischen Innovationsaktivitäten, die durch den Emissionshandel hervorgerufen wurden. Im letzten Schritt entwickelt die Arbeit Hypothesen zur Auswirkung von markt-basierter Umweltpolitik auf technologischen Wandel unter Berücksichtigung von firmeninternen und firmenexternen Innovationsdeterminanten. Damit trägt die vorliegende Arbeit zum Generieren einer entsprechenden Theorie bei. Diese drei Schritte des Evaluationsverfahrens werden abgedeckt über sechs wissenschaftliche Aufsätze, die unterschiedliche qualitative und quantitative Untersuchungsmethoden anwenden.

Die Analyse des Politikdesigns des EU Emissionshandels offenbart bedeutende Ausgestaltungsmängel für die zweite Handelsphase (2008-12). Dennoch suggerieren die empirischen Ergebnisse, dass der EU ETS in einem beschränkten Rahmen einen Einfluss auf die Rate und Richtung des technologischen Wandels von Stromerzeugungstechnologien hat. Der Einfluss beschränkt sich allerdings hauptsächlich auf das etablierte technologische Regime für kohlebasierte Stromerzeugungstechnologien, zu dem Technologien zur

Kohlenstoffabscheidung (Carbon Capture and Storage, CCS) als neue technologische Trajektorie hinzukommen. Insgesamt ist der Einfluss des EU ETS bisher aber limitiert, was hauptsächlich auf einen Mangel an Stringenz und regulatorischer Sicherheit sowie auf die relativ größere Bedeutung von Kontextfaktoren, wie z.B. von Brennstoffpreisen und der fehlenden öffentlichen Akzeptanz für bestimmte Technologien, zurückzuführen ist. Auf der organisatorischen Ebene hat der EU ETS zu einem Mainstreaming von CO₂ in relevante Geschäftsprozesse, wie bspw. der Investitionsrechnung, und eine erhöhte Aufmerksamkeit des Topmanagements bezüglich der strategischen Bedeutung von Klimapolitik geführt. Im Gegensatz dazu ist die Veränderung von Firmenvisionen bezüglich Stromerzeugungstechnologien auf Basis erneuerbarer Energien hauptsächlich getrieben von langfristigen Klimazielen, deren Glaubwürdigkeit allerdings aufgrund ihrer Operationalisierung durch den EU ETS signifikant gestiegen ist. Entscheidender Faktor für die beobachteten Investitionen in Erneuerbare Energien ist jedoch die Existenz von Einspeisevergütungen. Dieses Zusammenspiel von verschiedenen Politikmaßnahmen unterstreicht die Bedeutung eines abgestimmten Politikmixes, der auch technologie- und zielgruppenspezifischen Besonderheiten berücksichtigt.

Die Arbeit kommt abschließend zu dem Schluss, dass Emissionshandelssysteme wie der EU ETS für sich allein keine ausreichenden Anreize für fundamentale Veränderungen von unternehmerischen Klimainnovationsaktivitäten, wie sie die Wissenschaft für das Erreichen des 2°C-Zieles für nötig erachtet, bieten können. Die Gründe hierfür sind die hohe strategische Bedeutung von anderen Faktoren im Geschäftsumfeld der Unternehmen, Marktversagen, die über das Problem der Internalisierung der negativen externen Effekte hinausgehen, sowie verschiedene Barrieren, wie bspw. die regulatorische Unsicherheit der Investoren über die Weiterentwicklung der nationalen und internationalen Klimapolitik oder die technologische Unsicherheit über Verfügbarkeit und Kosten von kohlenstoffarmen Technologien. Daher könnten sich die aus kurz- bis mittelfristiger Perspektive, also bis 2020, optimalen Unternehmensentscheidungen wegen der langen Lebenszyklen von Kraftwerken als nicht optimal für das Erreichen von langfristigen Zielen herausstellen, weil diese Entscheidungen zu Pfadabhängigkeiten führen, die das Erreichen der erforderlichen längerfristigen Treibhausgasemissionsreduktionen extrem schwierig und teuer machen dürften. Um dieses Problem zu berücksichtigen, bedarf es eines glaubwürdigen, ambitionierten und – idealerweise globalen – langfristigen Emissionsreduktionsziels und komplementärer Innovationspolitik sowie abgestimmter sonstiger Politiken und Maßnahmen. In einem derartigen Politikmix mit einem klaren Langfristziel kann ein Emissionshandelssystem wie der EU ETS, insbesondere in der für die Zeit nach 2012 revidierten Ausgestaltung, eine wichtige komplementäre Rolle für das Erreichen der geforderten Kohlenstofffreiheit des Stromsektors spielen.